

L'INTERPOLAZIONE SPAZIALE DELLE MISURE DI PRESSIONE

E' stata utilizzata la tecnica di interpolazione spaziale geostatistica del cokriging, la quale risulta particolarmente idonea a descrivere grandezze caratterizzate da elevata variabilità spaziale, legata in questo caso alla aleatorietà della domanda idrica ai nodi di utenza, difficilmente interpretabile tramite modelli deterministici. Le tecniche geostatistiche furono inizialmente sviluppate negli anni '50 nell'ambito delle discipline minerarie. Il primo teorizzatore fu l'ingegnere minerario sudafricano D.G. Krige, il quale si trovava ad affrontare il problema della ricostruzione ottimale di corpi auriferi. La tecnica geostatistica del kriging (*Chilès & Delfiner, 1999*) è una tecnica di interpolazione spaziale adatta ad essere applicata a quelle grandezze la cui variabilità spaziale non consente previsioni prive di errore, cioè di tipo deterministico. Tale tecnica consente di stimare il valore di una grandezza in uno o più punti in cui essa è incognita, a partire dai valori misurati in n punti di campionamento. Il potenziale contributo di informazione di ogni possibile nodo di misura può essere valutato prima che nel sito venga effettivamente realizzata la misura. In questo studio si è adottato l'approccio sviluppato, nell'analisi delle reti idriche, da Guercio et Al (2002) e costituito da un'interpolazione spaziale che oltre ai pochi dati misurati della variabile in esame (variabile primaria), si avvalga delle informazioni aggiuntive costituite dai valori assunti da una seconda grandezza (variabile secondaria), correlata alla prima, per la quale si disponga di un numero più consistente di misure. Tale tecnica, che consiste in una generalizzazione multivariata del kriging, prende il nome di "cokriging" (*Chilès & Delfiner, 1999*).

Per l'interpolazione spaziale dei carichi piezometrici è stata considerata la parte della rete di Piedimonte San Germano compresa tra il nodo 7 ed il nodo 20, che costituisce la porzione magliata della rete stessa.

La componente deterministica della variabile "carico idraulico" è costituita dal legame funzionale tra portate e le perdite di carico lungo i tronchi che, note le portate in entrata ed uscita dalla rete idrica, determinano univocamente la distribuzione dei carichi nei nodi della rete. L'aleatorietà del singolo fenomeno di consumo, e quindi dei consumi aggregati su più utenti in ciascun nodo di erogazione, determinano viceversa la componente stocastica della variabile spaziale considerata. Anche le perdite, rappresentano variabili casuali in quanto legate, deterministicamente, ai consumi (aleatori).

L'interpolazione spaziale viene effettuata considerando:

- una variabile primaria: i dati di misura delle pressioni in pochi nodi,
- una variabile secondaria: i carichi calcolati in tutti i nodi a partire da un'ipotesi di domanda (e di perdita).

I dati di carico idraulico sui quali è stata effettuata l'interpolazione geostatistica non sono costituiti da misure realmente eseguite in situ, ma da valori di consumo calcolati a partire da ipotesi di domanda realistici per la rete considerata. La decisione di effettuare l'interpolazione spaziale non sui dati misurati di pressione ma su dati ipotizzati è motivata dalla possibilità di disporre, in questo caso, di valori di pressione in tutti i nodi sui quali validare il modello interpretativo. Effettuare le interpolazioni su dati sinteticamente costruiti non inficia minimamente la validità del processo, consentendone d'altra parte una più completa validazione.

L'insieme dei dati della variabile primaria è stato costruito, considerando andamenti di letteratura dei fabbisogni pro capite, descritti da valori medi e da un insieme di *pattern* caratteristici delle varie tipologie di utenze, note, per numerosità e tipologia, in ciascun nodo di erogazione.

Sono stati ipotizzati noti, cioè misurati, i carichi nei nodi 7, 20, 25, 15. Il nodo 7 ed il nodo 20 corrispondono ai nodi nei quali sono effettivamente installati gli strumenti di misura. I nodi 25 e 15 sono nodi aggiuntivi, nelle due zone laterali rispetto alla distributrice principale che collega i nodi 8 e 19, che rendono più completa l'informazione sulla quale effettuare l'interpolazione spaziale.

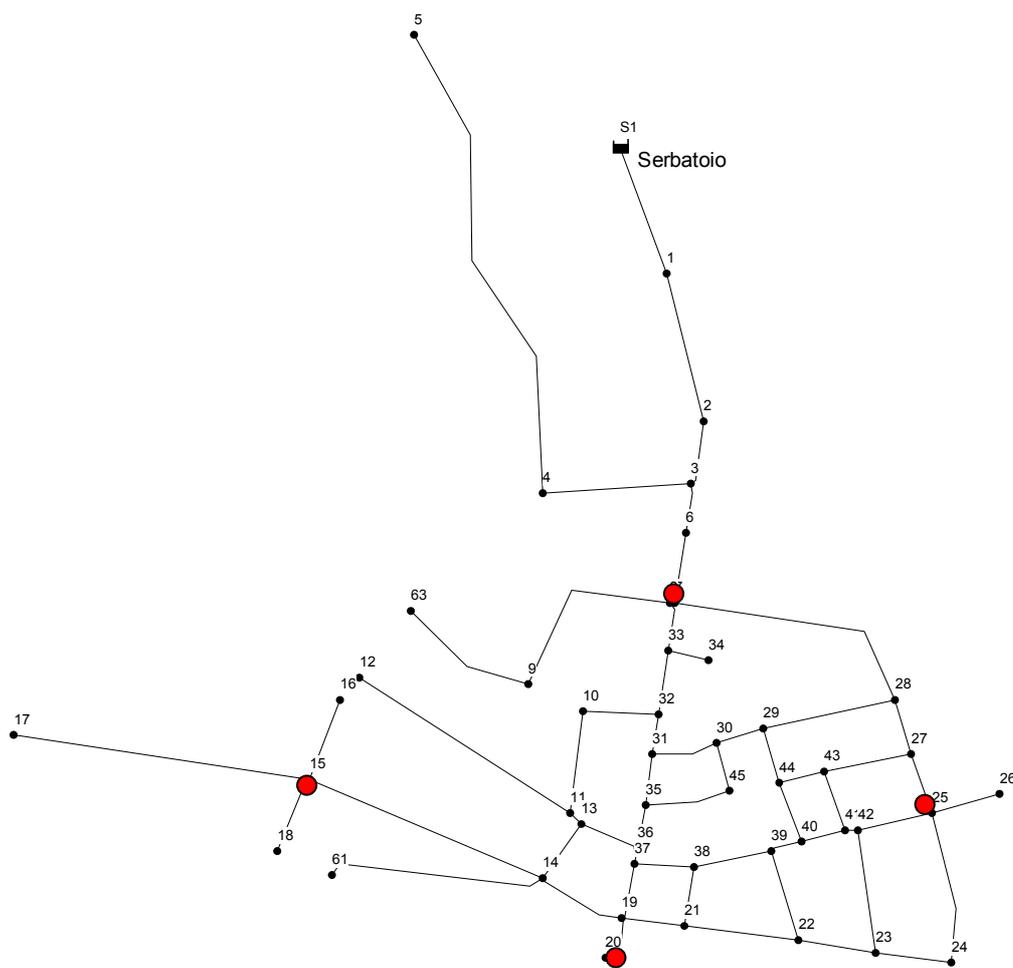


Figura 1. Distribuzione ipotizzata degli strumenti di misura.

Riguardo la quantificazione della variabile secondaria, cioè l'ipotesi sui consumi che dovrebbe fare un operatore nel caso reale, sono stati considerati 2 casi :

1. consumo ai nodi senza perdite;
2. consumo ai nodi con perdite distribuite proporzionalmente agli abitanti.

La prima ipotesi rappresenta il caso più semplice in quanto l'operatore può ipotizzare un consumo, anche variabile nel tempo per le varie tipologie di utenze, ma potrebbe non essere in grado di conoscere a priori l'entità e la variabilità temporale delle perdite. La seconda ipotesi rappresenta un tentativo da parte dell'operatore di quantificare la perdita e di ipotizzarne una distribuzione spaziale, che comunque si discosta notevolmente da quanto avviene nella realtà.

In definitiva i casi considerati nell'interpolazione delle misure, determinati dalla combinazione delle possibilità considerate per le variabili primaria e secondaria sono:

Tab. 1. Ipotesi di calcolo per l'interpolazione spaziale dei carichi.

	<i>Varibile primaria</i> Carichi effettivi in rete	<i>Varibile secondaria</i> Carichi ipotizzati dall'operatore
Caso 1	Perdite distribuite secondo i carichi in tutti i nodi	Assenza di perdite
Caso 2	Perdite distribuite secondo i carichi in tutti i nodi	Perdite distribuite secondo gli abitanti
Caso 3	Perdite distribuite secondo i carichi in 4 nodi	Assenza di perdite

Nelle figure che seguono sono riportati, per la fascia oraria compresa tra le 6.00 e le 7.00, che rappresenta una fascia di consumo medio:

- gli andamenti della variabile secondaria, cioè dei carichi ipotizzati in quella fascia oraria stimati dal modello della rete a partire dalle considerazioni sulle erogazioni basati sui pattern di consumo,
 - le misure nei quattro punti,
 - gli andamenti di carichi interpolati e di quelli effettivi.
- per i 3 casi considerati.

È evidente l'ottima approssimazione dell'interpolazione alla variabile effettiva in tutti i casi. In particolare si nota che anche nei casi più semplici (Caso 1, 3), che costituiscono anche i casi in cui

l'ipotesi di partenza sui carichi si discosta di più dalla realtà, l'interpolazione risulta comunque eccellente.

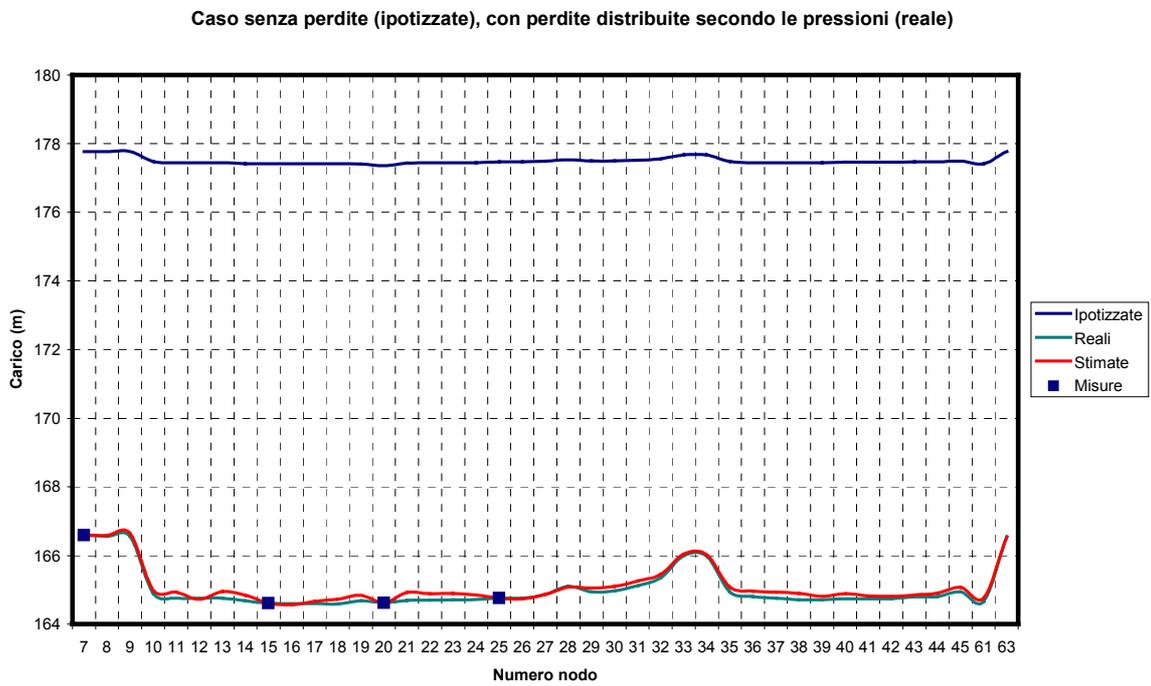


Figura 2. Interpolazione nel caso 1.

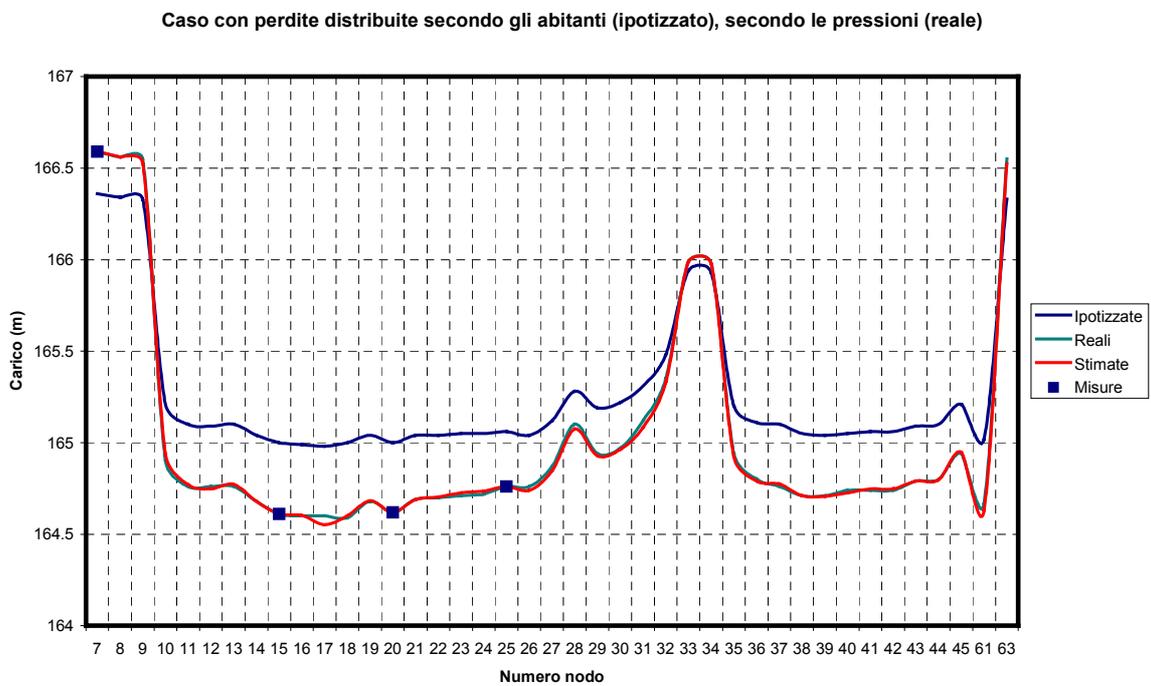


Figura 3. Interpolazione nel caso 2.

Caso senza perdite (ipotizzato), con perdite in 4 nodi 8,10,19,21 (reale)

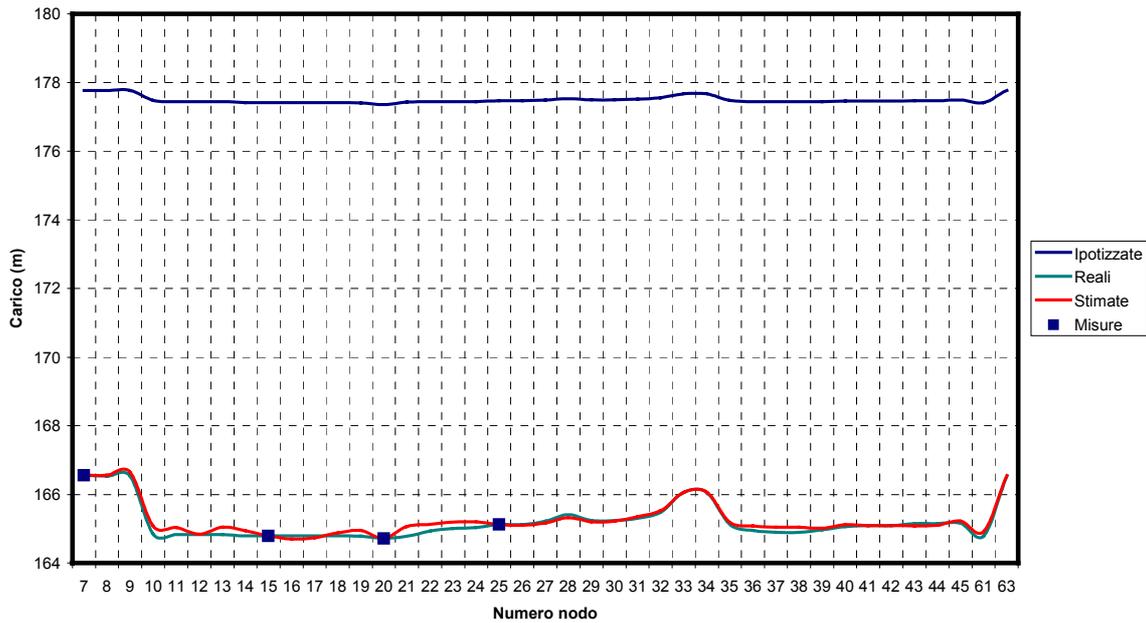


Figura 4. Interpolazione nel caso 3.

Le differenze tra carichi effettivi e carichi stimati sono in tutti i casi minime (tab. 2)

Nel caso più sfavorevole, caso 3, l'errore massimo non supera lo 0.2 % del carico in rete, che costituisce un errore largamente inferiore agli errori dei comuni strumenti di misura delle pressioni (1-2%).

Tab 2. Errori massimi, minimi e medi in percentuale del carico medio in rete.

	Caso 1	Caso 2	Caso 3
DIFFMAX	0.140 %	0.029 %	0.172 %
DIFFMIN	0.000 %	0.000 %	0.000 %
DIFFMED	0.059 %	0.007 %	0.051 %